

напряженном городском дорожном движении из-за такой неровности на дороге, как правило, образуется пробка, что еще более увеличивает расход топлива.

Следовательно, совершенно очевидно, что качество дорожного покрытия существенно влияет на увеличение расхода топлива в каждом отдельном случае необходимости преодолевать неровность на дороге. Если же рассматривать более крупную систему (целая улица или город), то показатели излишнего расхода топлива в городе будут достигать сотен тысяч т в год. Следовательно, улучшение качества дорожного покрытия является приоритетной задачей как ресурсосбережения, так и охраны окружающей среды.

*Библиографический список*

1. За 20 лет количество автомобилей в городах России выросло в 5–6 раз: Интервью руководителя НИИ транспорта и дорожного хозяйства Михаила Блинкина. 8 июня 2012. [Электронный ресурс] URL: <http://www.moigorod.ru/news/details.asp?rnd=2x2ХКА&n=2146399373>
2. Кухлинг Х. Физические величины и единицы измерения / под ред. Е.М. Лейкина, М., 1980.

## **МАЛОЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗОБЖИГОВОГО ЗОЛЬНОГО ГРАВИЯ ДЛЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ БЕТОНОВ**

*Борзунова Д.О., Фомина И. В., Капустин Ф. Л.  
УРФУ*

Проблема рационального использования цемента в строительных материалах и изделиях может быть решена с помощью разработки и применения композиционных смешанных вяжущих, а также совершенствования технологических приемов, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства изделий на их основе. В России и за рубежом разработаны эффективные малоцементные составы с использованием техногенных продуктов, в том числе металлургических шлаков, горных пород, золы-уноса ТЭС и др.

В производстве портландцемента используется зола-уноса в количестве до 15–20 %, а в пуццолановом цементе — от 21 до 35 %. Эффективно применение топливных зол в составе различных видов специальных цементов, например, в производстве расширяющегося цемента, в котором количество портландцемента составляет до 55 %, золы-уноса — до 27 %, извести и сиштофа — до 18 %. Существенный эффект наблюдается при совместном введении в вяжущие низкой водопотребности золы-унос и добавок-суперпластификаторов [1].

Разработка комплексных технологических приемов, позволяющих модифицировать структуру золоцементного камня на основе применения смешанных вяжущих, наполнителей техногенного происхождения, химических и минеральных добавок, позволяет уменьшить расход цемента, улучшить его физико-механические свойства. В связи с этим актуальной проблемой является научно-техническое обоснование методов совершенствования технологии получения золоцементного камня на основе применения малоцементных композиций и экспериментальная проверка их эффективности.

Цель работы заключалась в разработке состава и исследовании прочностных свойств малоцементной композиции на основе золы-уноса Рефтинской ГРЭС.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- установить влияние химических и минеральных добавок на формирования прочностных характеристик золоцементного камня;
- подобрать оптимальный состав малоцементной композиции для получения безобжигового зольного гравия (*БЗГ*).

В работе использовали следующие материалы: зола-уноса от сжигания каменного угля Экибастузского бассейна на Рефтинской ГРЭС (*ЗУ*); портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (*ПЦ*) производства ОАО «Сухоложскцемент» (г. Сухой Лог); доменный гранулированный шлак ОАО «Мечел» (*ДГШ*), отсев дробления горнблендита ОАО «Первоуральское рудоуправление» (*ГБ*), гранулированный медеплавильный шлак ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» (*ГМШ*), известь строительная (*ИЗ*), химическая добавка  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; суперпластификаторы Ergomix 6000 (*Erg*) и С-3.

Методика испытаний золоцементного камня была составлена таким образом, чтобы выявить влияние количества минеральных и химических добавок на формирование прочностных характеристик зольного камня, а также возможность использования малоцементной композиции для получения безобжигового зольного гравия.

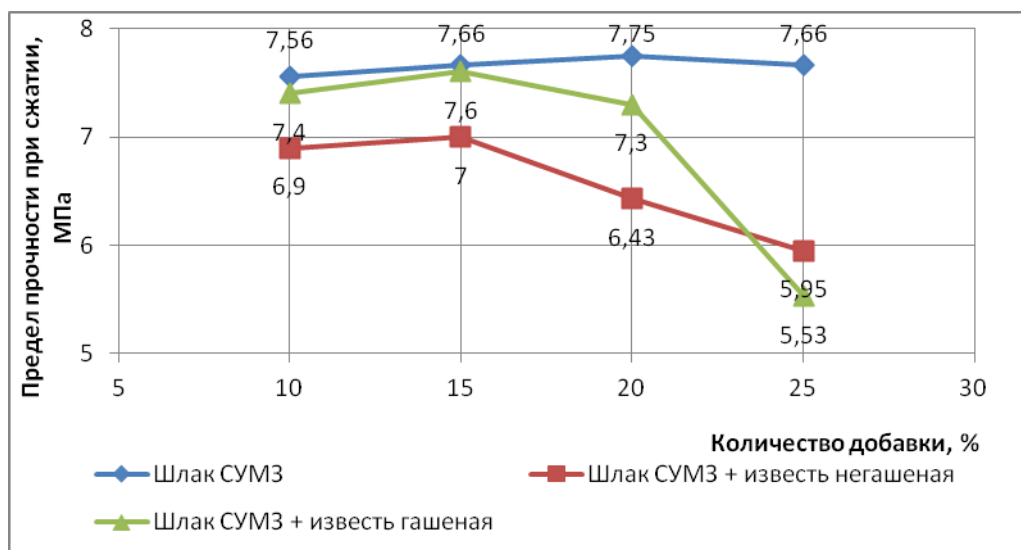
Для производства *БЗГ* подбирали составы смесей с постоянным количеством *ПЦ* и разным содержанием *ЗУ*, *ДГШ*, *ГМШ* и химических добавок. В таблице приведены результаты испытаний образцов после тепловлажностной обработки (*ТВО*), полученных из зольного теста содержащего минеральные и химические добавки, такие как *ГМШ*, *ГБ*, *ДГШ*, известь гашеная и негашеная, а также химическими добавками  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , С-3 и Ergomix 6000.

Установлено, что наиболее эффективной добавкой является *ГМШ*. Наибольшую плотность показывают составы с содержанием 25 % шлака и 7 % извести, немного ниже плотность у составов с добавлением 25 % *ГБ*, самая низкая плотность у состава без минеральной добавки. Что касается значений предела прочности при сжатии, то наилучшие результаты получены у составов с добавлением *ГМШ* (5–25 %) и сульфата натрия (2 %). Именно этот состав рекомендуется для производства *БЗГ*.

Химические добавки такие как С-3 и Ergomix 6000 отрицательно влияют на прочностные характеристики золоцементного камня, так как не содержат щелочных и сульфатсодержащих продуктов. Для топливных шлаков и зол так же, как для металлургических, активизация достигается введением извести и щелочных соединений (щелочная активизация) и сульфатсодержащих продуктов (сульфатная активизация) [1].

Показатели прочности образцов при сжатии после ТВО

№	Состав										В/Ц	Плотность зольного камня, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа
	ПЦ	ЗУ	ГМШ	ГД Ш	ГБ	Известь		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Erg	С-3			
						гашеная	негашеная						
1	20	80	-	-	-	-	-	2	-	-	45	1580	6,61
2	20	75	5	-	-	-	-	2	-	-	43	1620	7,23
3	20	70	10	-	-	-	-	2	-	-	42	1641	7,56
4	20	65	15	-	-	-	-	2	-	-	42	1678	7,66
5	20	60	20	-	-	-	-	2	-	-	42	1685	7,75
6	20	55	25	-	-	-	-	2	-	-	40	1685	7,66
7	20	63	10	-	-	-	7	2	-	-	43	1680	6,90
8	20	58	15	-	-	-	7	2	-	-	43	1688	7,00
9	20	53	20	-	-	-	7	2	-	-	43	1704	6,43
10	20	48	25	-	-	-	7	2	-	-	42	1750	5,95
11	20	63	10	-	-	7	-	2	-	-	41	1646	7,40
12	20	58	15	-	-	7	-	2	-	-	42	1692	7,60
13	20	53	20	-	-	7	-	2	-	-	42	1773	7,30
14	20	48	25	-	-	7	-	2	-	-	40	1812	5,53
15	20	65	-	-	15	-	-	2	-	-	40	1630	5,82
16	20	58	-	-	15	7	-	2	-	-	38	1633	6,38
17	20	58	-	15	-	7	-	2	-	-	38	1676	6,62
18	20	55	-	-	25	-	-	2	-	-	40	1670	5,07
19	20	55	-	-	25	-	-	-	-	2	32	1625	0,52
20	20	55	-	-	25	-	-	2	-	2	35	1647	1,00
21	20	30	-	-	50	-	-	2	-	-	36	1770	5,93
22	20	60	20	-	-	-	-	-	1	-	38	1659	2,26



Влияние минеральных добавок на прочность золоцементного камня  
(содержание ПЦ составляет 20 % от массы всего состава)

Минеральные добавки оказывают положительное влияние на формирование структуры золоцементного камня (рисунок). Наиболее эффективной минеральной добавкой является медеплавильный шлак в количестве 20 мас. % сырьевой смеси, он уплотняет структуру золоцементного камня и тем самым увеличивает его прочность. Наиболее эффективной химической добавкой является сульфат натрия в количестве 2 мас. % смеси. Сульфат натрия применяется в качестве добавки ускорителя схватывания и твердения золоцементного камня. Для грануляции рекомендуется состав: 20 % ПЦ + 60 % ЗУ + 20 % ГМШ + 2 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

#### Выводы

Разработан состав из малоцементной композиции, включающий в себя золу-уноса, портландцемент, медеплавильный шлак цветной металлургии, применение которого обеспечивает получение безобжигового зольного гравия с прочностью 5 МПа.

Получены зависимости, устанавливающие взаимосвязь влияние минеральных добавок на прочность золоцементного камня. Минеральные добавки оказывают положительное влияние на формирование структуры золоцементного камня по сравнению с химическими добавками. Наиболее эффективной минеральной добавкой является медеплавильный шлак в количестве 20 мас. % сырьевой смеси и известь в количестве 7 %.

#### Библиографический список

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин // учебно-справочное пособие. Феникс, 2007. 368 с. (Строительство).